

鋼構造物の減衰に関する実験的研究（空気枕の影響）*

原 要一郎**, 森田 英俊**

Experiments for Damping of Steel Structure (Effect of Air Cushion)

Yoichiro Hara, Hidetoshi Morita

Abstracts

To obtain the accurate response of ship vibration, it's necessary to understand the damping characteristics of ship. It's said that structural damping is large as compared with damping due to cargoes in ship and seawater. A ship model in the air needs in order to obtain the damping, but it's very difficult. So, a ship model on air cushion made of very thin film is considered. If the length of cushion becomes shorter, it's considered that the damping of a model in the air can be obtained.

In this paper, before investigating the damping of vibration of ship model on air cushion, the effect of dimensions and position of air cushion is examined by use of the experimental results of damped vibration of a cantilever on air cushion.

Key Words : Ship Vibration, Damping, Structural Damping, Air Cushion, Logarithmic Decrement

1. 緒 論

居住区や操舵室として使用されている船体の上部構造部に振動が発生すると快適な居住性だけでなく、航海機器などの電子機器にも影響する。船舶の防振設計では主として共振回避設計が行われている。しかし、燃費改善のため、主機気筒数の減少、主機回転数の低下といった変化により共振点回避振動数域が狭くなり、共振回避設計が困難な状況となってきた^{(1)~(4)}。このような状況で、共振回避できなくても、設計段階で上部構造の振動応答が精度良く予測できるならば、防振設計に非常に有効である。

精度の良い振動応答を得るためには、船体の減衰特性を精度良く把握する必要がある。船舶では貨物や海水の減衰もあるが、接水による減衰への影響は微小で、鋼構造物としての材料減衰が大きいと言われている。船舶を空中に保持した状態での振動だと接水の影響がない減衰特性が得られるが、長さ 100m 以上数万トンの船舶の空中保持は不可能で、船体模型では、重力やねじれなどの影響が生じる。

そこで、かなり薄い膜で作られ空気を入れた袋（空気枕と呼ぶ）の上に船体模型を置き減衰振動実験を行い、空気枕の長さを小さくすると、空気枕が無い状態（空中保持）での減衰を推測できると考えられ

る。ここでは、船体模型実験の前に、鋼構造物として片持りに対する空気枕の影響を調べたので、その結果をここに報告する。

2. 実験装置および実験方法

図 1 に実験装置の概略を示す。鋼製の片持りの自由端には直径 30mm、質量 0.24kg の丸鋼製の集中質量がついている。片持りと台との間に空気枕を置き、片持りの自由端を指で軽く変位させ、自由振動を起こしその減衰振動状態をひずみゲージにより測定し、その波形より対数減衰率を計算した。

実験に使用した片持りの寸法などを表 1 に、空気枕の寸法を表 2 に示す。空気枕には、厚さ 0.03mm のポリエチレン膜を使用した。

実験は、空気枕が無い場合とある場合に分けて行った。また、空気枕がある場合には、空気枕の長さ

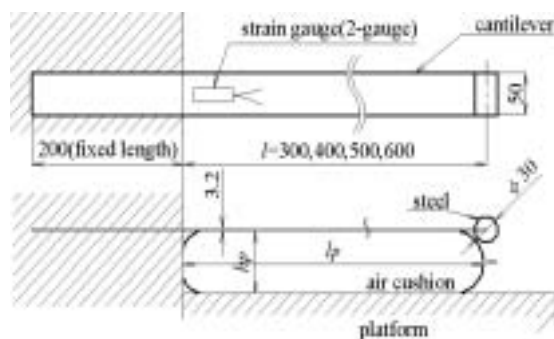


Fig. 1 Experimental Apparatus

* 原稿受付 平成 16 年 9 月 30 日

** 佐世保工業高等専門学校 機械工学科

l_p は一定でその高さ h_p を変化させた場合と、その高さ h_p が一定で、その長さ l_p および設置位置を変化させた場合について実験を行った。

3. 実験結果および考察

3. 1 対数減衰率 δ の計算

対数減衰率 δ は次式で得られる。減衰振動波形の隣り合った両振幅 X_n, X_{n+1} を測定し、 X_n, X_{n+1} をそれぞれ横軸、縦軸にとってプロットした結果を直線で表し、その傾き X_{n+1}/X_n を式(1)に代入して δ が求められる⁽⁵⁾。

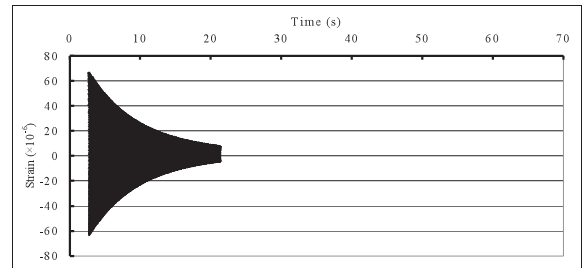
$$\delta = -2 \ln \left(\frac{X_{n+1}}{X_n} \right) \dots\dots\dots (1)$$

3. 2 空気枕が無い場合

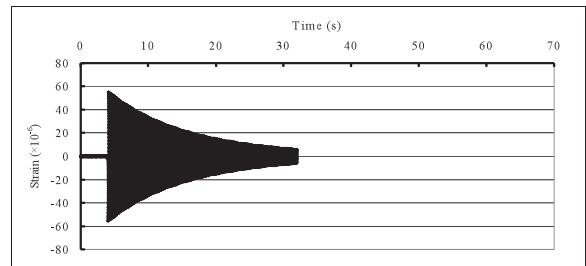
空気枕が無い場合、表 1.1 に示すように、片持りの長さ l が 300, 400, 500, 600mm の4種類について実験を行った。

実験で得られた振動波形を図2に示す。片持りの長さにより振動の減衰状態が異なっていることが図より分かる。これらの減衰振動波形から、式(1)を使って求めた対数減衰率 δ と片持りの長さ l との関係を図3に示す。図中の f は各長さのはりの振動波形から求めた自由振動数である。図3から、片持りの長さにより対数減衰率が変化していることが分かる。このことは、片持りの長さが変わると固

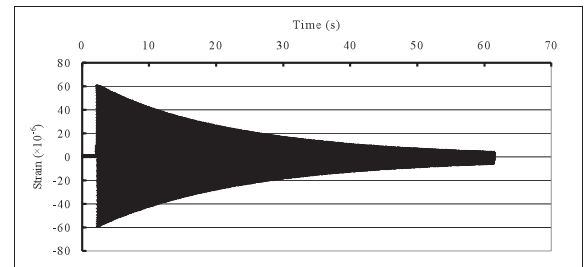
有振動数も変化するので、振動数により対数減衰率が変わるということを意味している。約3倍の振動



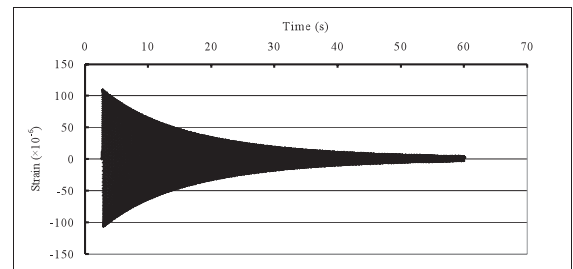
(a) $l=300\text{mm}$



(b) $l=400\text{mm}$



(c) $l=500\text{mm}$



(d) $l=600\text{mm}$

Fig. 2 for no air cushion

Table 1.1 Dimensions of cantilever

Material	Steel
Width mm	50
Thickness mm	3.2
Length l mm	300
	400
	500
	600

Table 1.2 Dimensions of air cushion

Width mm	Length l_p mm	Height h_p mm				
90	300	10	15	20	25	30
	400					
	500					

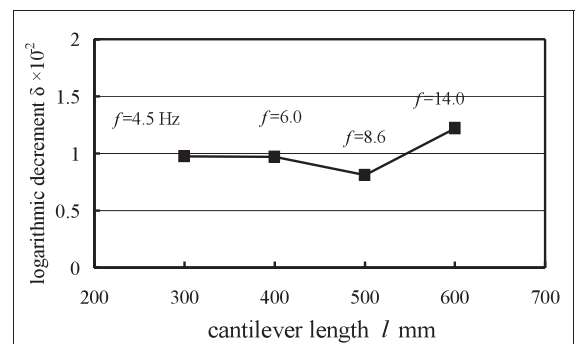


Fig.3 Relation between cantilever length and δ

数変化に対し、対数減衰率は約50%変化している。

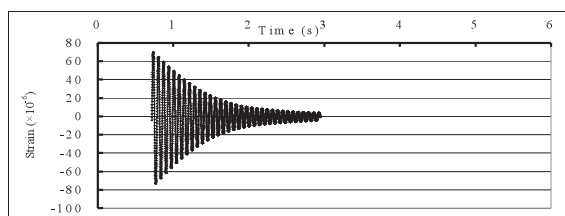
3. 3 空気枕がある場合

3. 3. 1 空気枕の高さ h_p を変えた場合

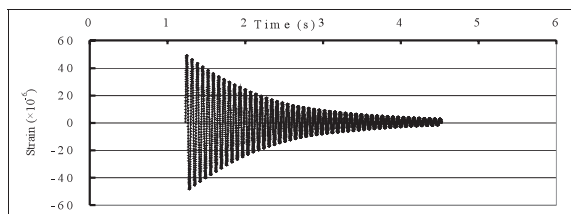
空気枕の高さの影響を調べるため、空気枕の長さ l_p は片持りの長さ l と等しく、高さ h_p を10～30mm まで5mm ずつ変えて実験を行った。その際の条件を

Table 2 for changing air cushion's height h_p

l mm	l_p mm	h_p mm				
300	300	10	15	20	25	30
400	400		15	20	25	
500	500		15	20	25	

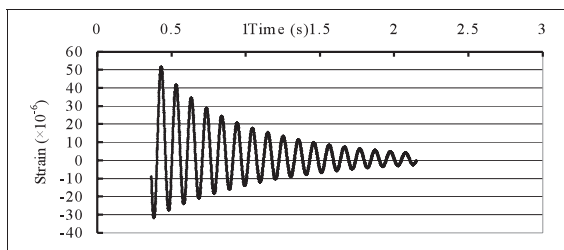


(a) $h_p=15\text{mm}$

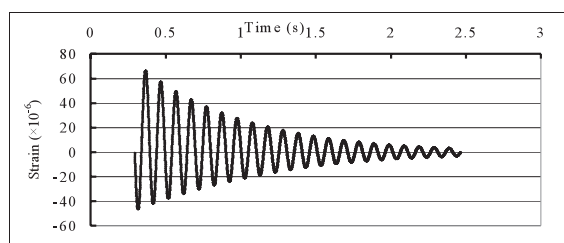


(b) $h_p=25\text{mm}$

Fig.4.1 $l=l_p=300\text{mm}$



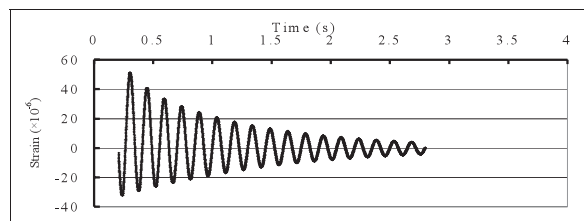
(a) $h_p=15\text{mm}$



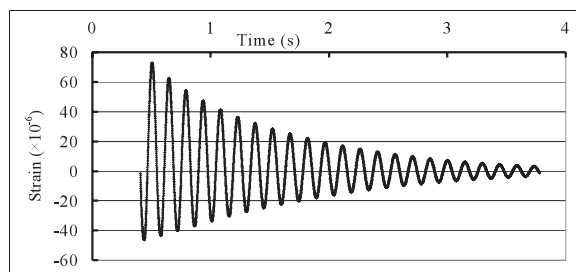
(b) $h_p=25\text{mm}$

Fig.4.2 $l=l_p=400\text{mm}$

表2に示す。また、この場合の減衰振動波形を図4に示す。図から h_p により減衰状態が異なっていることが分かる。図5に、これらの減衰振動波形から求めた対数減衰率 δ と片持りおよび空気枕の長さ l 、 l_p の関係を空気枕の高さ h_p をパラメータとして表している。図で $h_p=0$ は、3. 2で求めた空気枕が無い場合の値を示している。図から、はりの長さ l と空気枕の長さ l_p が短くなるとともに対数減衰率 δ が小さくなっていることが分かる。特に、長さが400mm から300mm に変わるところでの変化が大きい。また、長さが一定の場合、空気枕の高さ h_p が高くなるとともに δ が小さくなっている。本実験の場合、高さが一番高い $h_p=30\text{mm}$ のときが、対数減衰率が一番小さくなっている。これらのことから、空気枕の空気量



(a) $h_p=15\text{mm}$



(b) $h_p=25\text{mm}$

Fig.4.3 $l=l_p=500\text{mm}$

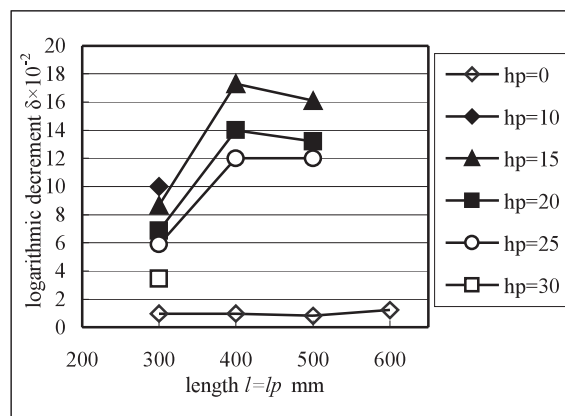


Fig.5 Relation between $l=l_p$ and δ for h_p

が多くなると対数減衰率は小さくなっていると考えられる。

3. 3. 2 空気枕の長さ l_p およびその設置位置を変えた場合

空気枕の長さ l_p およびその設置位置の対数減衰率 δ へ及ぼす影響を調べるため、片持りの長さと空気枕の高さをそれぞれ $l=500\text{mm}$ $h_p=20\text{mm}$ と一定にして、長さ l_p を $100\sim 400\text{mm}$ まで 100mm ずつ、枕の設置位置を自由端、中央部、固定端近傍と3ヶ所変えて実験を行った。その際の条件を表3に、また実験結果を図6に示す。

図から、自由端に空気枕を設置した場合は、空気枕の長さ l_p が小さくなるとともに対数減衰率は大きくなっているが、中央部および固定端近傍に設置した場合、 l_p が小さくなるとともに対数減衰率が小さくなり、空気枕が無い場合に漸近している。これは、空気枕の長さが小さくなるとともにその影響が小さくなっていることを意味している。

設置位置を変えた場合、自由端から固定端へ移るに従って対数減衰率が小さくなっている。これは、振動振幅が小さい位置に空気枕を設置した方が、対数減衰率に及ぼす枕の影響が小さいことを意味している。

4. 結 論

以上の実験結果から次のことが得られた。

- (1) 空気枕が無い場合、片持りの長さが短くなるとともに、対数減衰率は減少する。
- (2) 空気枕の高さが高くなるほど、また空気枕の長さが短くなるほど対数減衰率は減少し、空気枕が無い状態に漸近する。
- (3) 空気枕の設置位置により対数減衰率は変化するが、振動振幅が小さい位置に設置した場合が、対数減衰率は小さい。

Table 3 for changing l_p and cushion's position

l mm	h_p mm	l_p mm	Position of air cushion		
500	20	100	free	middle	fix
		200	free	middle	fix
		300	free	middle	fix
		400	free	middle	fix

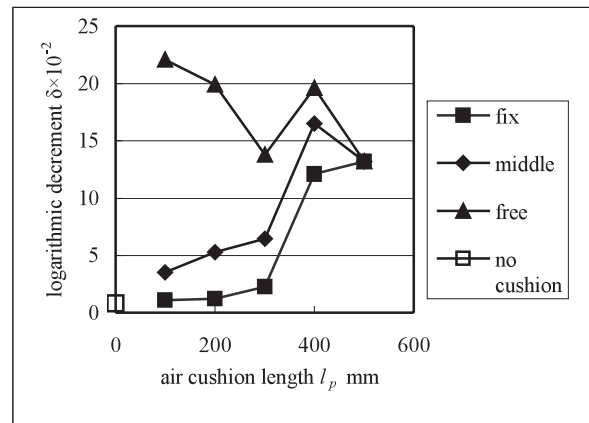


Fig.6 Relation between l_p and δ for air cushion position

以上より、船体模型の実験を行う場合、船体模型の振動振幅が小さい位置に空気枕を設置し、枕の長さを小さくしていくと、空気枕がない空中保持状態での振動特性が推測できる。

おわりに、本研究は（株）名村造船所との共同研究の一部として実施した。本研究に協力いただいた卒研生赤木翔太、石川雄大君、および関係各位に感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 山本善之, 在田正義, 船論, 118(昭40.12), 138.
- (2) 末次一誠, 藤井克哉, (昭38.5), 47.
- (3) 熊井豊二, 造船協会論文集, 115(昭39.5), 139.
- (4) 武田裕, 根木勲, 楠本裕己, 日本造船学会論文集, 192(平成14), 5.
- (5) 末岡淳男, 綾部隆, 機械力学(2002), 126, 森北出版.